



普通高等学校“十三五”规划教材



# 工程力学实验

GONGCHENG LIXUE SHIYAN

杨绪普 董璐 王波 段力群 主编◎

中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等学校“十三五”规划教材

# 工程力学实验

杨绪普 董璐 主编  
王波 段力群



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

## 内 容 简 介

本教材是编写团队长期在力学实验教学、科研一线工作的心得体会和成果总结。遵循了如下原则,同时也是本教材的创新和特色:一是紧贴教学大纲的要求和实验仪器设备的现实,利用二维码,把一些关键性环节通过视频进行详细阐述,直观明了,以便于学生加深对实验基本原理和方法设计的目的理解,可以快速上手开展实验,节约时间,提高效率;二是丰富了动载荷实验的内容,比如 MTS 疲劳试验、落锤冲击试验、Hopkinson 压杆试验等,既反映了我校力学实验教学的学科特色,更为学生涉足、开展材料的应变率效应实验提供指导;三是对近年来有关基础力学实验竞赛、结构设计竞赛、工程实践制作等科技创新型活动进行了整理归纳,这既是工程力学实验的应用推广,也是力学实验教学的拓展升华。教材内容共分六部分:理论力学实验、材料力学实验、振动实验、数值模拟实验、动载荷实验、制作加载实验,另附有部分仪器设备的详细使用说明、部分科技创新竞赛任务书和常规实验的报告样本。

本书适合作为普通高等院校土木类、机械类等本科、研究生的实验教材,也可以作为工程力学、材料力学等课程的教学参考书,还可以作为力学与结构创新比赛的辅导教材或高职高专院校的力学实验教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程力学实验/杨绪普等主编.—北京:中国铁道出版社,2018.8  
普通高等学校“十三五”规划教材  
ISBN 978-7-113-24830-7

I. ①工… II. ①杨… III. ①工程力学—实验—高等学校—教材 IV. ①TB12-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 178215 号

书 名: 工程力学实验  
作 者: 杨绪普 董璐 王波 段力群 主编

策 划: 曾露平  
责任编辑: 曾露平  
封面设计: 刘颖  
责任校对: 张玉华  
责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)  
网 址: <http://www.tdpress.com/51eds/>  
印 刷: 三河市宏盛印务有限公司  
版 次: 2018年8月第1版 2018年8月第1次印刷  
开 本: 787 mm×1092 mm 1/16 印张: 16.75 字数: 419  
书 号: ISBN 978-7-113-24830-7  
定 价: 43.00 元

### 版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836  
打击盗版举报电话:(010) 63549504

# 前 言

在我校力学实验教学实践中,出现了一些新问题。一方面学生军政训练任务重,课堂课后学习时间有限;另一方面学生接触到力学实验后,学习的兴趣大幅提升,尤其是学有余力的学生感觉内容不够,而实验课程的学习又依赖于场地和设备。本教材的编写尝试在解决此矛盾方面做一些探索,那就是紧贴教学大纲的要求和实验仪器设备的现实,利用二维码,把一些关键性环节通过视频进行详细阐述,以便于学生加深对实验基本原理和方法设计的目的理解,快速上手开展实验。这些二维码的内容包括主要实验仪器设备的构造原理、操作演示,实验设计的基本原理,相关理论难点,工程实际的应用情况。这些预习、复习素材短小精炼,方便学生利用碎片时间学习,节约了课内操作时间,还减少了误操作的可能,提高了课内教学的效率,也拓展丰富了教学内容。

课内的工程力学实验教学受学时和设备的限制,一般仅限于静力学的内容。但是,这一方面这不符合实际需求。我们都知道,哪怕是司空见惯的跑步,施加在脚掌的都是冲击动载荷,更不用说军事行动中的强动载荷,所以完全有必要了解材料在动载荷下的响应。另一方面也限制了学生的思维方式。没有动力学概念,遇到问题总从静力学寻求解答是不可想象的,也是没有出路的。尤其是不断出现的由于不科学的野蛮训练导致的各种损伤,反映了我们的实验教学要贴近学生的实际需要,能帮助学生树立科学的思维方式,解决他们生活、训练以及工作的实际力学问题,这既是力学实验教学的任务,也是力学教学生命力的体现。基于以上考虑,本书丰富了动载荷实验的内容,除了摆锤冲击试验,还添加了 MTS 疲劳试验、落锤冲击试验、Hopkinson 压杆试验等,这些内容不仅反映了我校力学实验教学的学科特色,还为学生涉足、开展材料的应变率效应实验提供指导,应变速率从  $10^{-5}$  到  $10^3$ ,材料也从金属拓展到岩土、泡沫铝、复合材料等更广的范围,为本科生毕业设计和研究生开展实验研究提供技术支撑。

绝大多数学生,不一定会将兴趣投于前沿科学实验,他们更愿意致力于简单、易上手的实践性制作活动,在我们面向工程防护类学生开设的工程实践(力学)课程也充分证明了这点。每组学生利用价格低廉、易于加工的复压竹皮、桐木(巴沙木)条和 502、AB 胶等材料,辅助一些简易的工具,充分遵循掌握的力学原理,按照设定条件和预定达成目标,手工制作梁、柱等简单构件以及桥梁、楼房等复杂结构,利用力学实验设备仪器,进行加载比试,依据承载能力与模型自重的比值排序确定成绩。寓教于乐,理论联系实践,能亲自动手,将自己的设计变成现实的学习方式,深受学生欢迎,效果

也超乎想象地好。将已有理论和未知知识融合，把实验技术与数值模拟结合，将理想状态与实际情况对比，在此过程中，既深化了理论知识的理解，还涉及课本之外的知识学习，比如超静定问题、大挠度变形、塑性破坏等。那些理论课程学得不算理想的同学，很多在这个过程中也表现突出，这源于激发了他们内心的自主学习的愿望。通过实验课程教学、工程实践锻炼、校内比赛选拔、强化指导训练，组队参加力学与结构设计类的科学竞赛，积累了一点经验，获得了一些成绩。为此编者把近年来参与的基础力学实验竞赛、结构设计竞赛、工程实践制作等科技创新型活动进行了整理归纳，这既是工程力学实验的应用推广，也是力学实验教学的拓展升华。

本教材内容共分六部分：理论力学实验、材料力学实验、振动实验、数值模拟实验、动载荷实验、创新制作实验，其中动载荷实验和创新制作实验这两部分内容是本教材的创新和特色，另附有部分仪器设备的详细使用说明、力学与结构设计竞赛任务书和常做实验的报告样本。

本教材是编写团队成员科研及教学经验的总结、智慧的结晶，其中第三、七、八章由杨绪普编写，第二、五章及第六章部分内容 by 董璐编写，第一、四章由王波编写，绪论、第二章由段力群编写，章鸥、郭哲、谢成强、吴丽军、林瀚等本科生在视频拍摄、后期编辑等方面协助做了大量工作。

由于编者水平有限，时间紧张，定有错误与不当之处，敬请批评指正！

杨绪普

2018年6月6日

# 目 录

绪论 力学实验基础知识	1
-------------	---

## 第一部分 理论力学实验

第一章 验证性实验	6
实验 1-1 质点系动量定理推演	6
实验 1-2 四种不同载荷的观测与理解	7
实验 1-3 求不规则物体的重心	8
实验 1-4 三线摆法测定不规则物体的转动惯量	10
实验 1-5 摩擦因数测定	15
实验 1-6 工程结构振动实验演示	17

## 第二部分 材料力学实验

第二章 基本性实验	20
实验 2-1 低碳钢和铸铁拉伸实验	20
实验 2-2 低碳钢和铸铁压缩实验	29
实验 2-3 剪切实验	31
实验 2-4 扭转实验	33
实验 2-5 剪切弹性模量 $G$ 的测定	38
实验 2-6 梁的弯曲正应力实验	40
实验 2-7 主应力实验	45
实验 2-8 压杆稳定实验	48
第三章 设计性实验	52
实验 3-1 粘贴电阻应变片实验	52
实验 3-2 偏心拉伸实验	54
实验 3-3 等强度梁应变测定实验和桥路变换接线实验	57
实验 3-4 电阻应变片灵敏系数标定	59
实验 3-5 材料弹性模量 $E$ 和泊松比 $\mu$ 的测定	62
实验 3-6 条件屈服应力 $\sigma_{0.2}$ 的测定	66
实验 3-7 真应力-真应变曲线测定	69
实验 3-8 刚架综合实验	72
实验 3-9 不同截面杆件的扭转	75



## 第三部分 振动实验 (自主性实验)

第四章 自主性实验一 .....	82
实验 4-1 简谐振动幅值与频率的测量 .....	82
实验 4-2 简支梁固有频率测量 .....	85
实验 4-3 油阻尼减振器实验 .....	86
实验 4-4 主动隔振实验 .....	88
实验 4-5 被动隔振实验 .....	90
实验 4-6 多自由度系统固有频率及振型测量 .....	91

## 第四部分 数值模拟实验 (自主性实验)

第五章 自主性实验二 .....	95
实验 5-1 理论力学问题求解器 .....	95
实验 5-2 材料力学问题求解器 .....	99
实验 5-3 结构力学求解器 .....	101

## 第五部分 动载荷实验

第六章 动载荷实验 .....	107
实验 6-1 摆锤冲击实验 .....	107
实验 6-2 落锤冲击试验 .....	110
实验 6-3 MTS 疲劳加载实验 .....	112
实验 6-4 霍普金森压杆实验 .....	116

## 第六部分 制作加载实验

第七章 创新型实验一 .....	121
实验 7-1 压杆设计与制作 .....	121
实验 7-2 四点弯曲梁的设计与制作 .....	122
实验 7-3 曲拐的设计与制作 .....	125
实验 7-4 桁架桥梁设计与制作 .....	127
第八章 创新型实验二 .....	129
实验 8-1 鸡蛋保护装置制作 .....	129
实验 8-2 牙签发射装置制作 .....	129
实验 8-3 简易器材桥梁制作 .....	130
实验 8-4 自动行驶装置制作 .....	131
实验 8-5 楼房模型定向爆破 .....	132
附录 .....	105
附录 A 误差分析及数据处理知识 .....	135
附录 B 电测法的基本原理 .....	151
附录 C DNS 电子万能试验机操作方法介绍 .....	159

---

附录 D	CML-1H 系列应力-应变综合测试仪 .....	163
附录 E	YJ-4501A 静态数字电阻应变仪使用说明 .....	168
附录 F	材料力学多功能 (BDCL) 试验台 .....	174
附录 G	WS-Z30 振动台系统使用说明 .....	177
附录 H	常用工程材料的力学性质和物理性质 .....	181
附录 I	部分实验力学竞赛试题与任务书 .....	182
附录 J	部分结构设计竞赛任务书 .....	195
附录 K	材料力学实验记录 .....	248



# 绪论 力学实验基础知识

## 一、概 述

实验是工程力学课程的重要组成部分,是解决工程实际问题的重要手段之一。工程力学实验包括以下三方面的内容:

(1)验证工程力学的理论和定律。力学理论大多是以对工程问题进行一定的简化或假设为基础,建立力学模型,然后进行数学推演。这些简化和假设的提出都是来自对工程实际的大量实践和观察分析,所建立理论的正确与否必须经过实践的检验,数学推导的简化与假设是否合理,关系着推导出的理论或公式能否正确反映客观实际,只有实验结果才能验证,因此,验证理论的正确性是工程力学实验的重要内容,学生通过这类实验,可巩固和加深对基本概念的理解,同时掌握验证理论的实验方法。

(2)研究和检验工程材料的力学性能(机械性能)。工程材料必须具有抵抗外力作用而不超过允许变形或不破坏的能力,这种能力表现为材料的强度、刚度、韧性、弹性及塑性等,工科学生必须熟悉这些性能。在工程力学实验课程学习中,学生通过检测材料力学性能实验的基本训练,掌握常用材料的力学性质,还可进一步加深理解工程力学理论课程所学习的相关知识,同时通过动手实践,掌握工程材料常用性能指标的基本测定方法,为以后的专业实验乃至工程实践打下基础。

(3)实验应力分析。即采用测量方法,确定许多无理论计算可用的复杂受力构件的应力分布状态和变形状态,以便检验构件的安全性或者为设计构件提供依据。随着现代科学技术的发展,新的材料不断涌现,新型结构层出不穷,强度、刚度问题的分析,提出了许多新课题,作为一名工程技术人员,只有扎实地掌握实验的基础知识和技能,才能较快地接受新的知识内容,赶上科技进步的步伐。

基于以上三个方面,本课程所安排的实验是配合工程力学理论课程的内容,围绕解决工程实际需要,结合本校的实验设备而设计的。考虑到开发学生智力、培养分析问题和解决问题的能力,使实验室成为学生从理论走向工程实践的桥梁,实验内容的选择偏向于与本校各个相关工程专业紧密结合。

工程力学实验包括学习实验原理、实验方法和实验技术,常用机器设备的原理和使用方法以及实验数据的处理。实验指导书分为六个部分:第一部分为理论力学实验,全部为验证理论型实验;第二部分为材料力学实验,其中教学计划规定的实验(基础实验)为必做实验,设计性实验部分为选作实验;第三部分为振动实验,内容均为自主性实验;第四部分为数值模拟实验,学习者可根据课堂教学内容,自主选做感兴趣的模拟实验。

第五部分为动载荷实验,内容为中、高应变速率实验,学习者可根据研究需要选择,第六部分为制作加载实验,内容为创新型实验,为学习者提供工程实践制作素材与指导。

## 二、实验须知

(1) 实验前必须预习实验指导书中相关的内容,了解本次实验的内容、目的、要求及注意事项,尤其是其中的安全操作注意事项。

(2) 按预约实验时间准时进入实验室,不得无故迟到、早退、缺席。

(3) 进入实验室后,不得高声喧哗。

(4) 保持实验室整洁,不准在机器、仪器及桌面上涂写,不准乱丢纸屑,不准随地吐痰。

(5) 实验时应严格遵守操作步骤和注意事项,不做与指定实验无关的事情。

(6) 实验中,若遇仪器设备发生故障,应立即向教员报告,待检查、排除故障后,方能继续实验。

(7) 力学实验一般不可单人操作,须分组进行,实验过程中应有统一指挥,分工明确,协同操作,不可各行其是。

(8) 实验结束后,将仪器、工具清理摆正。不得将实验室的仪器、工具、材料、说明书等物品携带出实验室,特殊情况需暂时带出实验室的,应向教员办理借用手续。

(9) 实验完毕,应在各自使用仪器设备的履历本上如实登记,实验数据经教员认可后方可离开实验室。

(10) 学员上交的实验报告是教员检查实验教学效果的依据,实验报告要求字迹工整、绘图清晰、表格简明、实验结果正确。除封面可以使用统一的印制品外,其内容部分应手写手绘完成。

(11) 分组实验的数据,同组实验者可共享,但实验报告须独立撰写。常规实验的结果,已自动将数据保存在所用仪器中,学员在实验报告撰写过程中若有疑问,可回实验室查阅,一般应将数据保留并带走,如果需要使用移动设备,应将移动设备交与教员杀毒检查后方可使用。学员若对课内的实验结果不满意可向教员申请重做。

(12) 力学实验室为学校开放性实验室,除教学计划规定的必修实验内容外,还开设了多种工程力学课程涉及的实验,包括学员自行设计的力学实验。此类实验的实施,学员应先向实验室提出申请,由实验室安排实验时间;自主性实验的试件由学员自己动手加工,实验室提供加工工具和设备,所需要的材料如须购买,则应事先向实验室提出书面的经费申请。

## 三、实验程序

本课程列入的力学实验,其实验条件以常温、静载为主,试件材质以金属为主。实验中主要测量作用在试件上的载荷以及应力、试件的变形和破坏。金属材质的试件所要求的载荷较大,由几千牛到几百千牛不等,故加力设备庞大复杂;变形则很小,绝对变形一般以千分之一毫米为单位,相对变形(应变)可以小到 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ ,因而变形测量设备必须精密。进行实验,力与变形要同时测量,一般需数人共同完成。因此,力学实验要求实验者以组为单位,严密地组织协作,形成有机的整体,以便有效地完成实验。

### (一) 准 备

明确实验目的、原理和步骤及数据处理的方法。实验用的试件(或模型)是实验的对象,要了解其原材料的质量、加工精度,并细心地测量试件的尺寸,以此为基础对试件最大加载量值进行估算,并拟定加载方案。此外,还应根据实验内容事先拟定记录表格以供实验时记录数

据,(部分实验的记录表格参看附录 K)。

实验使用的机器和仪器应根据实验内容和目标进行适当的选择,在本课程的教学实验中,实验用的机器仪器是教员指定并预先调试的,但对选择工作怎样进行应当有所了解。选择试验机的根据如下:

(1) 需要用力的类型(例如使试件拉伸、压缩、弯曲或扭转的力)。

(2) 需要用力的量值(最大荷载)。前者由实验目的来决定,后者则主要依据试件(或模型)材质和尺寸来决定。

(3) 变形测量仪器的选择,应根据实验测量精度以及梯度等因素决定。

此外,使用是否方便、变形测量仪器安装有无困难,也都是选用时应当考虑的问题。

若准备工作做得越充分,则实验的进行便会越顺利,实验工作质量也越高。

## (二) 实 验

开始实验前,应检查试验机的各种传感器、测量装置是否灵敏,输出线性是否符合要求,试件安装是否正确,变形仪是否安装稳妥等。检查完毕后还需要请指导教员确认,确认无误后方可开动机器。

第一次加载可不作记录或储存(不允许重复加载的实验除外),观察各部分变化是否正常。如果正常,再正式加载并开始记录。记录者及操作者均须严肃认真、一丝不苟地进行工作。

工程力学课程的必修实验内容,全部是检验材料力学性能,或者验证理论课程公式和结论的实验。实验是否成功,主要评判标准是其是否与理论相符、与已知的结论相符,若所得实验结果与理论不符,应检查实验准备情况,分析实验过程,纠正错误,重新进行实验。

试验完毕,要检查数据是否齐全,并注意设备复位,清理设备,把使用的仪器仪表拆除收放原处,并在使用记录簿上说明仪器设备的良好状态。

## (三) 安全操作注意事项

进行工程力学实验过程中应注意以下三点:

(1) 力学实验的加载设备多为大型机器,使用时应严格遵守操作规程,除上课前认真预习实验指导书中的相关章节外,实验者初次进入实验室,应对照试验机实物,掌握操作方法。一般应在教员指导下,先不安装试件,空载运行机器,熟悉机器的开、关、行程以及紧急制动等按钮后,再正式开始实验。

(2) 实验所用的软件、硬件上都有预先设定的限位开关,未经教员允许,不得擅自改动。

(3) 实验按计划进行,不做与本次实验无关的操作。

## (四) 实验报告撰写要求

实验报告是实验者最后的成果,是实验资料的总结,教学实验的实验报告同时又是学生上交教师的作业,(注意:实验结束时试验机的联机计算机打印的实验数据表和图形是实验报告的组成资料,不需要上交给教员),学员提交的报告应包括下列内容:

(1) 实验名称、实验地点、实验日期、实验环境温度、实验人员姓名和同组成员名单。

(2) 实验目的及原理。实验目的应明确简要;实验原理部分主要阐明试(构)件的受力状态。

(3) 使用的机器、仪表。应注明名称、型号、精度(或放大倍数)等。其他用具也应写清,并绘出装置简图。

(4) 试件。应详细描述试件的形状、尺寸、材质,一般应绘图说明并附以尽可能详细的文字注释。

(5) 实验数据及处理数据要正确填入记录表格内,注明测量单位,例如厘米(cm)或毫米(mm),牛顿(N)或千牛顿(kN)。要注意仪器的测量单位是可以更改的。实验中使用何种测量精度是实验者根据需要施加最大荷载的数值预先确定并输入到仪器中的。在正常状况下,仪器设备所显示的和输出的精度,应当满足实验目的要求,大多数实验的测量精度都有相应的规范。对实验记录或输出数据中的非线性数据,应按误差分析理论对数据进行处理。表格的书写应整洁、清晰,使人方便读出全部测量结果的变化情况和它们的单位及准确度。力学实验中所用仪器设备可能有一部份是用工程单位制,整理数据时一律使用国际单位制。

(6) 工程力学实验报告中的数据在计算时,须注意有效数字的运算法则。工程上一般取3~4位有效数字。

(7) 图线表示结果注意事项。除根据测得的数据整理并计算出实验结果外,一般还要采用图表或曲线来表达实验的结果。先建立坐标系,并注明坐标轴所代表的物理量及比例尺。将实验数据的坐标点用记号“。”或“.”“△”“×”表示出来。当连接曲线时,不要用直线逐点连成折线,应该根据多数点的所在位置,描绘出光滑的曲线。例如图0-1(a)所示为不正确的描法,图0-1(b)所示为正确的描法。

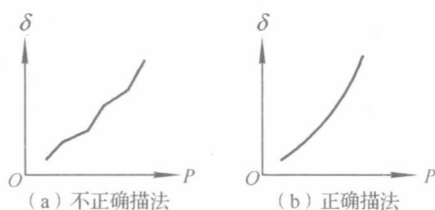


图0-1 实验数据绘图

(8) 试验的总结及体会。对试验的结果进行分析,评价试验结果的可靠性、精度是否满足要求等,这是教学实验报告中最重要的一部分。对实验结果和误差加以分析,当数据显示出的结果满足要求时,证明了本次实验的成功;当数据显示出的结果不满足要求时,并不一定是实验不成功,需要经过深入分析,准确认定造成误差的具体原因以及纠正措施,则本次实验仍是有意义的。

(9) 回答教员指定的思考题。

(10) 教员批改过的试验报告,不退回作为教学原始档案留存。反馈的普遍存在的问题,须认真思考改正,将为实验者在以后的专业课实验甚至将来的工作实践中带来许多方便。



实验前须知事项

第一部分  
理论力学实验

# 第一章 验证性实验

## 实验 1-1 质点系动量定理推演

### 一、实验目的

通过演示等质量球的弹性碰撞过程,对弹性碰撞过程中的动量、能量变化过程有更加清晰的理解。

### 二、实验仪器

弹性碰撞仪,如图 1-1 所示。

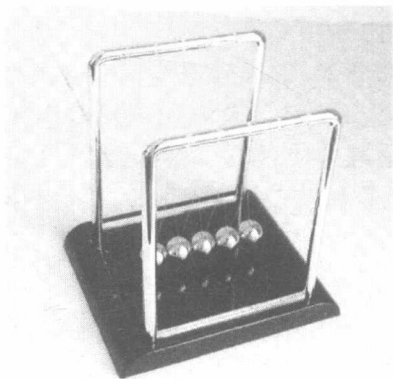


图 1-1 弹性碰撞仪

### 三、实验内容

#### (一) 实验原理

由动量守恒和动能守恒原理可知:在理想情况下,完全弹性碰撞的物理过程满足动量守恒和动能守恒。当两个等质量刚性球弹性正碰时,它们将交换速度。多个小球碰撞时可以进行类似的分析。

但事实上,由于小球间的碰撞并非理想的弹性碰撞,还是有能量损失的,故最后小球还是要静止下来。

#### (二) 实验方法与步骤

(1) 调整固定摆球的螺丝,尽量使摆球的中心处于同一直线上;

(2) 拉起最边上的一个摆球, 释放, 让其撞击其他的摆球, 可以观察到其另一侧的摆球立即摆起, 其振幅几乎等于左边小球的摆幅;

(3) 同时拉起一侧的两个摆球, 释放, 让其撞击剩余的摆球, 可观察到另一侧相同数目的摆球立即摆起, 其摆幅几乎等于被拉起摆球的摆幅, 如图 1-2 所示。

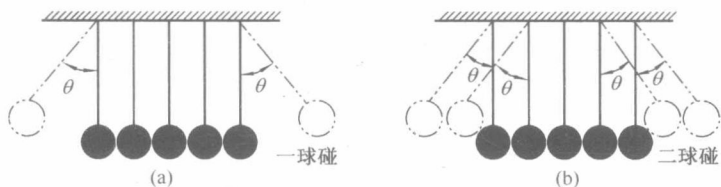


图 1-2 弹性球碰撞演示



演示视频

#### 四、注意事项

- (1) 注意保持摆球的球心处于同一直线上;
- (2) 球的摆幅不能过大, 不要用力拉球, 以免悬线断开。

#### 五、思考题

- (1) 思考完全弹性碰撞、非弹性碰撞的区别。
- (2) 质点系的动量定理在生活中有着广泛的应用, 与我们的生活密切相关, 试举例说明。

### 实验 1-2 四种不同载荷的观测与理解

#### 一、实验目的

通过实验, 理解渐加荷载、冲击荷载、突加荷载和振动荷载的区别。

#### 二、实验仪器

- (1) TMS-I 型理论力学多功能实验台上的磅秤。
- (2) 沙袋。
- (3) 偏心振动试验装置。

#### 三、实验内容

(1) 绘制四种载荷的力与时间的关系图。

(2) 实验方法与步骤:

① 取出装有一定重量砂子的沙袋, 将砂子连续倒在左边的磅秤上, 在图 1-3(a) 所示坐标系中画出力与时间的关系图。

② 将砂子倒回沙袋, 并使沙袋处于和磅秤刚刚接触的位置上, 突然释放沙袋, 在图 1-3(b) 所示坐标系中画出力与时间的关系图。

③ 将沙袋提取到一定高度, 自由落下, 观察磅秤的读数, 在图 1-3(c) 所示坐标系中画出力与时间的关系图。



④ 把与沙袋重量完全相同的偏心振动电动机放在磅秤上,打开开关使其振动,调整振动频率,观察此时磅秤读数,在某个固定频率下选择几个控制数据,在图 1-3(d)所示坐标系中画出力与时间的关系图。

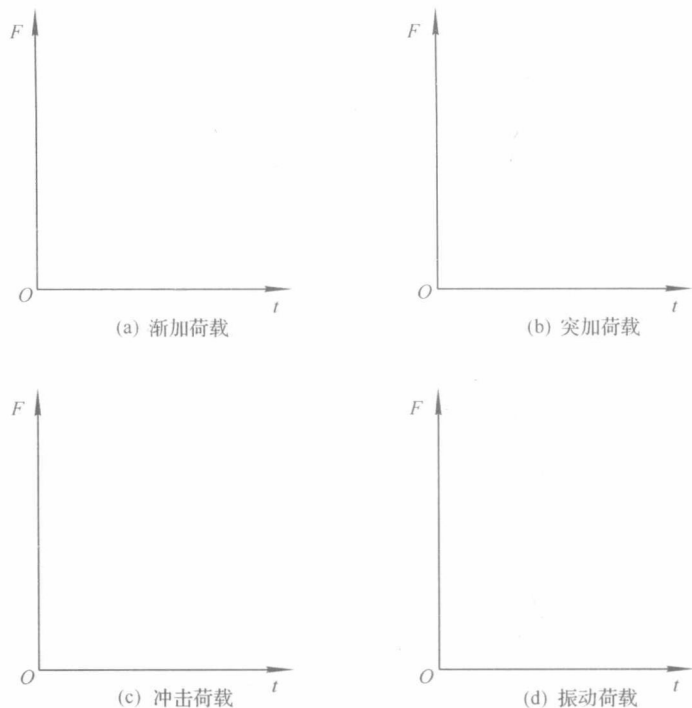


图 1-3 四种荷载力与时间的关系图

#### 四、注意事项

- (1) 观察渐加载荷时,应掌握好倒沙的速度,适中即可。
- (2) 观察冲击载荷时,不要将沙袋提得太高,以免对受力装置产生过度冲击。
- (3) 注意调节偏心振动电动机的转速,使其速度较慢以利于观察。

#### 五、思考题

- (1) 四种不同载荷分别作用于同一座桥上时,哪一种最具破坏性?
- (2) 突加载荷时,为什么要限制沙袋与磅秤刚刚接触?
- (3) 试列举几种工程中常见的载荷。
- (4) 简述振动频率与力的关系。

### 实验 1-3 求不规则物体的重心

#### 一、实验目的

通过两种方法求出不规则物体的重心位置。

## 二、实验仪器

- (1) TMS-1A 型理论力学多功能实验台。
- (2) 直尺。
- (3) 弹簧称。

## 三、实验内容

### (一) 实验原理

(1) 悬吊法求不规则物体的重心: 如果要求一薄板的重心, 可先将板悬挂于任意一点  $A$ , 如图 1-4(a) 所示。根据二力平衡公理, 重心必然在过悬吊点的铅垂线上, 于是可在板上画出此线。然后将板悬挂于另外一点  $B$ , 同样可以画出另外一条直线。两直线的交点  $C$  就是重心, 如图 1-4(b) 所示。

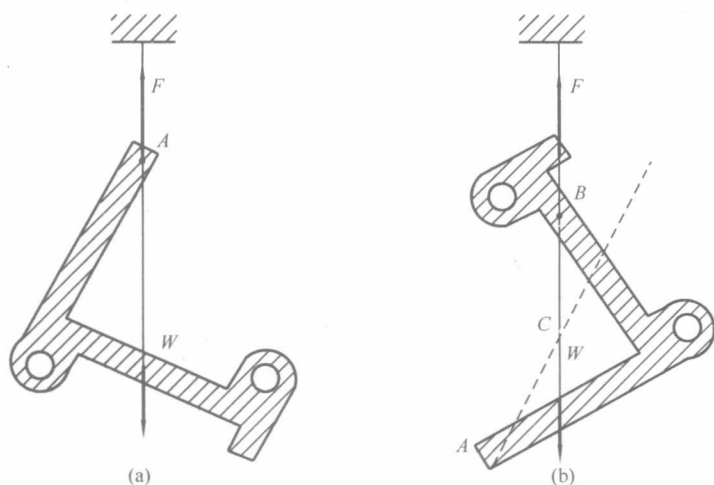


图 1-4 悬吊法求不规则物体重心图示

(2) 称重法求轴对称物体的重心: 如图 1-5(a) 所示, 设物体是均质的, 则重心必然位于水平轴线上。因此只需要测定重心距离左侧支点  $A$  的距离  $x_c$ 。首先测出两个支点间的距离  $l$ , 然后将支点  $B$  置于磅秤上, 保持中轴线水平, 由此可测定得到支点  $B$  的支反力  $F_{N1}$  的大小。再将连杆旋转  $180^\circ$ , 仍然保持中轴线水平, 可测得  $F_{N2}$  的大小, 如图 1-5(b) 所示。根据平面平行力系, 可以得到如下两个方程:

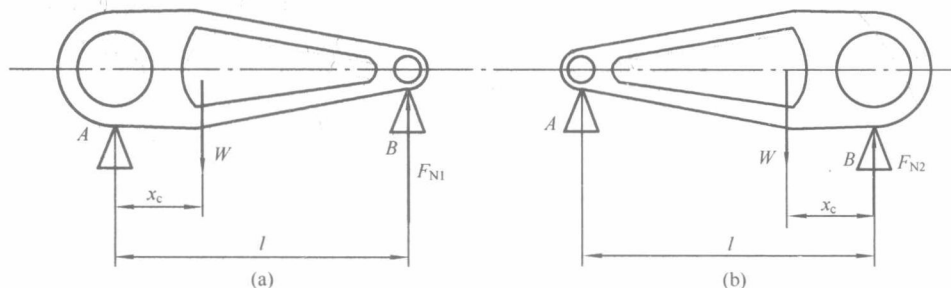


图 1-5 称重法求轴对称物体的重心图示